

PERBAIKAN FAKTOR DAYA DENGAN IMPLEMENTASI TRIAC BERBASIS MIKROKONTROLLER PADA JARINGAN TIGA FASA SEIMBANG

Nico Latino*, Amir Hamzah**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: nico.latino7@gmail.com

ABSTRACT

The need for good power quality is very important. The good power quality is the power factor can reach 0.85 up to 1 and it will improve power capacity, and energy efficiency. In common, Because the inductive load of PLN customers, power factor turn below 0.85. To Increase the power quality, it is necessary to install capacitors based on load, poor power factor need more capasitors. The capasitors are connected to system trough a soft switch by using TRIAC to reduce inrush current that happen with contactor switch.

The power factor corrector circuit are consist of phase detector, zero crossing detector, and XOR logic gate used for produce the phase angle that feed to Arduino input for reading the value of power factor. Then in Arduino will process the input to TRIAC for set up certain pulse that trigger firing angle in order to control the duty cycle on TRIAC. Firing angle can be vary based on the quality of power factor.

Keywords: Power factor, capasitor, arduino, TRIAC, duty cycle

1. PENDAHULUAN

Pemerintah dalam rangka optimalisasi penggunaan energi telah mengeluarkan kebijakan umum bidang energi yang meliputi kebijakan diversifikasi, intensifikasi, konversi, harga energi, dan lingkungan. Kegiatan konversi energi merupakan semua langkah yang diambil kearah menurunkan berbagai kehilangan energi pada taraf pengolahan, eksploitasi, pengangkutan, proses, sampai pemanfaatan energi listrik. (Devi Siska Kurnia Sari, 2013)

Sementara itu, pemanfaatan energi di Indonesia dapat dikategorikan belum efisien. Dari berbagai sektor seperti perminyakan, listrik, bahkan bahan bakar minyak terjadi pemborosan. Untuk itu perlu diambil suatu tindakan yang efektif dan berkelanjutan.

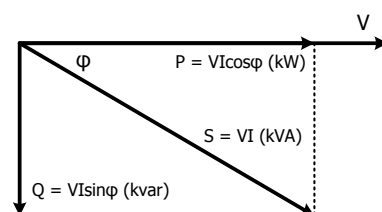
Faktor daya merupakan parameter penting dalam peningkatan efisiensi energi. Nilai faktor daya yang rendah dapat menyebabkan

drop tegangan, besarnya arus beban, dan rendahnya kapasitas beban dalam suatu sistem jaringan listrik.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Daya Listrik

Daya adalah suatu besaran dalam listrik yang merupakan perkalian antara besaran arus dan besaran tegangan. Dengan kata lain daya dapat diartikan sebagai besar energi listrik. Dalam rangkaian listrik arus bolak – balik daya terbagi menjadi tiga bentuk, yaitu daya semu, daya aktif dan daya reaktif.



Gambar 2. 1 Segitiga Daya

2.1.1 Daya Semu

Daya semu adalah daya yang tersedia pada suatu sumber listrik. Banyak beban yang dipakai dalam sistem tenaga listrik tergantung dengan berapa besar daya semu. Dengan kata lain, daya semu merupakan kapasitas energy listrik. Semakin besar daya semu suatu sistem tenaga listrik semakin besar beban yang dapat dipasang dalam sistem tenaga listrik tersebut. Besar daya aktif dapat dihitung dengan persamaan 2.1.

$$S = V \cdot I \dots (\text{VA}) \quad (2.1)$$

2.1.2 Daya Aktif

Daya aktif merupakan daya yang terjadi akibat terpasangnya beban resistif murni atau perangkat listrik dalam rangkaian listrik. Besar daya aktif dapat dihitung dengan persamaan 2.2.

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \dots (\text{watt}) \quad (2.2)$$

2.1.3 Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang terjadi akibat terpasangnya beban induktif atau kapasitif yang biasanya terdapat dalam suatu perangkat listrik. Daya reaktif memiliki dua sifat yaitu induktif dan kapasitif. Daya reaktif induktif dan daya reaktif kapasitif memiliki vector yang bertolak belakang, sehingga besar daya reaktif merupakan selisih antara daya reaktif induktif dengan daya reaktif kapasitif. Besar daya reaktif dapat dihitung dengan persamaan 2.3.

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \dots (\text{VAR}) \quad (2.3)$$

2.2 Faktor Daya

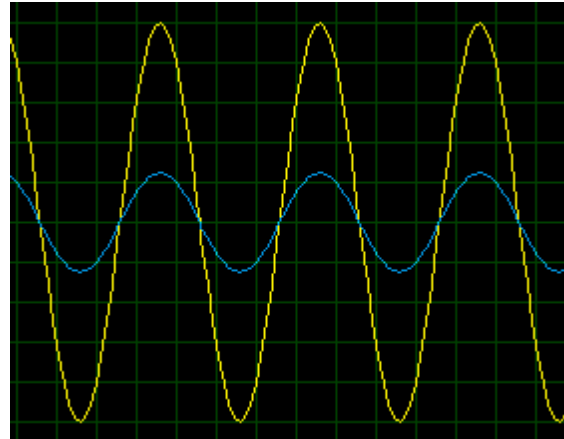
Faktor daya (power factor) atau sering disebut dengan $\cos \phi$ adalah perbandingan daya aktif dan daya semu. Sudut ϕ adalah sudut yang dibentuk antara sisi daya aktif (P) dan daya semu (S), sedangkan daya reaktif (Q) tegak lurus terhadap daya aktif (P), maka :

$$\text{Faktor daya} = \frac{P}{S} \quad (2.4)$$

Dalam sistem tenaga listrik dikenal 3 jenis faktor daya :

1. Faktor Daya Unity

Faktor daya unity adalah keadaan saat nilai $\cos \phi$ adalah satu, tegangan sefasa dengan arus. Faktor daya Unity akan terjadi bila jenis beban adalah resistif murni.

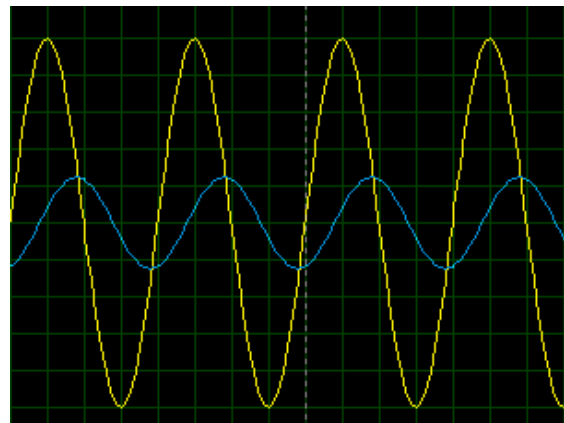


Gambar 2. 2 Bentuk Gelombang Beban Resistif

2. Faktor Daya Tertinggal (Lagging)

Faktor daya terbelakang (lagging) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

Beban/ peralatan listrik memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif. Arus (I) tertinggal dari tegangan (V), V mendahului I dengan sudut ϕ



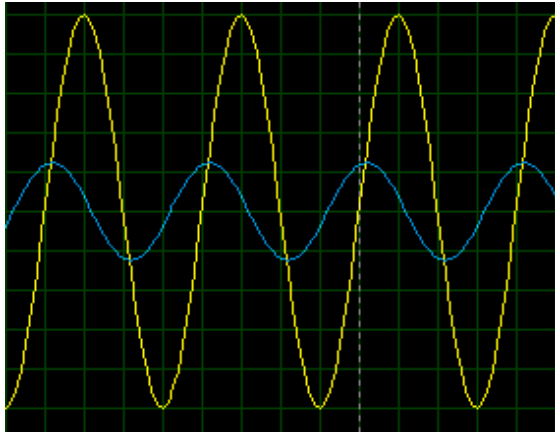
Gambar 2. 3 Bentuk Gelombang Beban Induktif

3. Faktor Daya Mendahului (Leading)

Faktor daya mendahului (leading) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

Beban/ peralatan listrik memberikan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat kapasitif.

Arus mendahului tegangan, V tertinggal dari I dengan sudut ϕ .



Gambar 2. 4 Bentuk Gelombang Beban Kapasitif

2.3 Detektor Fasa

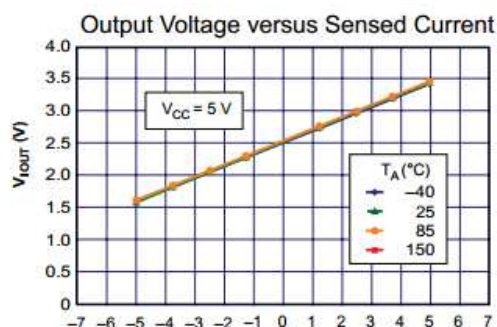
Detektor fasa merupakan rangkaian yang terdiri dari rangkaian sensor arus dan rangkaian sensor tegangan. Perbedaan fasa dapat terdeteksi dengan mencari selisih gelombang fasa arus dengan gelombang fasa tegangan dengan menggunakan IC TTL 7486.

2.3.1 Sensor Tegangan

Deteksi tegangan dilakukan dengan menggunakan transformator 2A dari 220 VAC yang diturunkan menjadi 7.5 VAC. Tegangan 4.5 volt ini dihubungkan ke Non inverting input pada komparator.

2.3.2 Sensor Arus

ACS 712 dapat merepresentasikan arus ke dalam bentuk tegangan. Arus listrik PLN yang telah disearahkan oleh konfigurasi diode sebelum masuk ke pin sensor. Output dari sensor ini berkisar antara 1.5 – 3.5 volt. Sama seperti sensor tegangan, sensor arus juga dihubungkan ke komparator.



Gambar 2. 2 Perbandingan tegangan dan sensor arus pada ACS 712

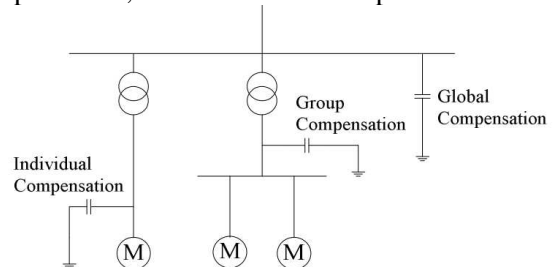
2.4 Kapasitor Perbaikan Faktor Daya

Pada umumnya karakteristik beban baik pada rumah tangga maupun industri bersifat induktif (lagging). Beban induktif membuat fasa arus terlambat terhadap tegangan, perbedaan fasa arus dengan tegangan juga dikenal dengan sebutan ϕ (phi). Nilai suatu faktor daya merupakan nilai Cos dari ϕ (phi). Jika perbedaan fasa arus dengan tegangan berkisar antara 0° dan 90° , maka semakin mendekati 90° maka semakin buruk faktor daya suatu rangkaian listrik tersebut.

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik dan memiliki sifat kapasitif. Hal ini sangat bertolak belakang dengan sifat induktif yang dimiliki beban listrik rumah tangga dan industri pada umumnya. Sehingga dengan penambahan beban kapasitif dapat memperbaiki faktor daya suatu rangkaian listrik.

2.4.1 Instalasi Kapasitor

Sebelum melakukan pemasangan kapasitor bank, besar beban induktif dan daya reaktif induktif harus dianalisa terlebih dahulu. Besar daya reaktif mempengaruhi besar kapasitor yang digunakan. Hal ini bertujuan supaya daya reaktif yang kapasitif yang dihasilkan dapat mengimbangi daya reaktif induktif pada sistem. Pemasangan kapasitor dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan posisi kapasitor dalam sistem, yaitu Global Compensation, Group Compensation, dan Individual Compensation



Gambar 2. 5 Jenis Pemasangan Kapasitor

Konfigurasi susunan kapasitor pada penelitian ini adalah parallel. Dengan kapasitor yang dihubungkan ke sistem yang dikontrol oleh sistem control yang terdiri dari TRIAC dan Arduino uno R3.

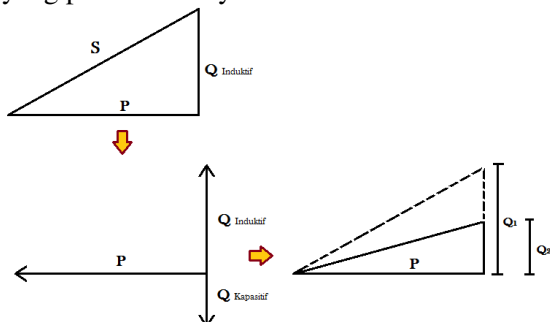
2.5 Kompensasi Daya Reaktif

Daya listrik didefinisikan sebagai kecepatan aliran energi listrik pada satu titik jaringan listrik tiap satu satuan waktu. Dengan satuan watt atau Joule per detik dalam SI, daya

listrik menjadi besaran terukur adanya produksi energi listrik oleh pembangkit, maupun adanya penyerapan energi listrik oleh beban listrik. Daya pada sistem tenaga listrik terbagi menjadi 3 bagian.

- 1) Daya Semu (S)
- 2) Daya Aktif (P)
- 3) Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif (Q) memiliki 2 sifat yang berbeda yaitu daya reaktif induktif dan daya reaktif kapasitif. Kedua daya ini saling bertolak belakang. Oleh karena itu, diperlukan daya kapasitif tambahan pada sistem listrik yang pada umumnya bersifat induktif.



Gambar 2. 6 Kompensasi Daya

Dengan menurunnya besar daya reaktif membuat nilai faktor daya ($\cos \phi$) meningkat.

2.6 Arduino

Arduino merupakan system mikrokontroller yang relative mudah dan cepat dalam membuat aplikasi elektronika maupun robotika. Hardware dan software Arduino adalah open source dimana banyak forum-forum yang membahas tentang arduino sehingga mudah untuk melakukan troubleshoot pada pengaplikasian arduino.

2.7 Proteus 7 (ISIS)

Proteus adalah software untuk mendesain PCB yang juga dilengkapi dengan simulasi. Proteus mengkombinasikan program ISIS untuk membuat skematik desain rangkaian dan program ARES untuk membuat layout PCB.

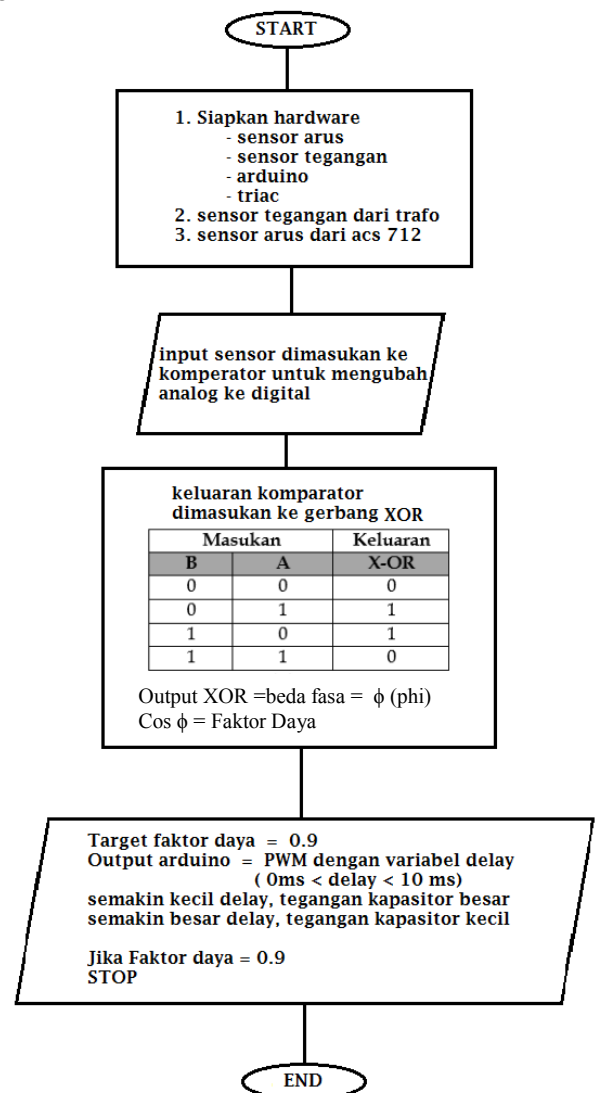
3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pengujian

Tempat dan waktu pengujian tugas akhir “Perbaikan Faktor Daya Dengan Implementasi TRIAC Berbasis Mikrokontroller Pada Jaringan Tegangan Tiga Fasa” dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Listrik Fakultas Teknik Universitas Riau.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Beberapa tahapan yang dilalui untuk mengumpulkan data yaitu dengan mempersiapkan rancangan alat perbaikan faktor daya tiga fasa menggunakan software simulasi Multism dan Proteus. Multism digunakan untuk simulasi pengontrolan tegangan yang dibangkitkan pada Triac untuk pengontrolan besar daya reaktif kapasitif. Sedangkan Proteus digunakan untuk simulasi pengaturan otomatisasi yang diprogram menggunakan Arduino Compiler.



Gambar 3. 1 Flowchart Program

3.3 Peralatan

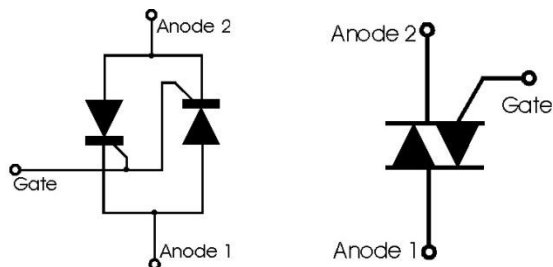
3.3.1 Power Supply

Power Supply merupakan rangkaian elektronika yang berfungsi untuk memberikan tegangan yang dibutuhkan oleh komponen-komponen yang terdapat dalam sistem kontrol. Komponen-komponen tersebut antara lain

seperti LCD, Arduino, ACS 712 (sensor arus) dan rangkaian elektronika lainnya.

3.3.2 TRIAC BT 138

TRIAC merupakan salah satu keluarga thyristor yang memiliki karakteristik bidirectional. Dengan karakteristik bidirectional TRIAC dapat mengalirkan arus bolak-balik dari terminal yang satu ke terminal yang lain. Struktur TRIAC terdiri dari dua buah SCR yang arahnya bolak-balik dengan gate yang disatukan. Kelebihan menggunakan TRIAC selain dapat mengalirkan listrik dalam dua arah, TRIAC dapat mengatur besar tegangan yang melewatinya dengan mengatur besar sudut penyalan sehingga dapat memotong gelombang tegangan.



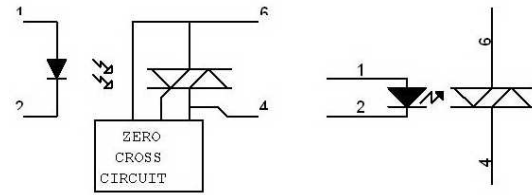
Gambar 3. 2 Simbol TRIAC

Pada penelitian ini, TRIAC digunakan untuk mengontrol tegangan yang dihubungkan antara line jaringan dengan kapasitor bank. Daya reaktif yang dihasilkan disesuaikan terhadap beban induktif pada sistem.

3.3.3 MOC 3021

MOC 30121 atau lebih dikenal dengan sebutan optoisolator merupakan komponen semikonduktor yang tersusun atas LED infra merah dan sebuah foto triac yang digunakan sebagai pengendali TRIAC. Optoisolator biasanya digunakan antar muka (*interface*) antara rangkaian pengendali dengan rangkaian daya TRIAC dan juga sebagai rangkaian pengamanan rangkaian kendali, karena antara LED infra merah dan photo triac tidak terhubung secara elektrik, sehingga bila terjadi kerusakan pada rangkaian daya TRIAC maka rangkaian kendali tidak ikut rusak. Optoisolator biasanya terdiri dari dua macam yaitu optoisolator yang terintegrasi dengan rangkaian *zero crossing detector* dan optoisolator yang tidak memiliki rangkaian *zero crossing detector* biasa digunakan TRIAC sebagai *Solid State Relay* (SSR), sedangkan pada optoisolator yang tidak terintegrasi dengan *zero crossing detector* biasanya

menggunakan TRIAC untuk mengendalikan tegangan(3021). Simbol dari optoisolator ini terlihat seperti gambar berikut.



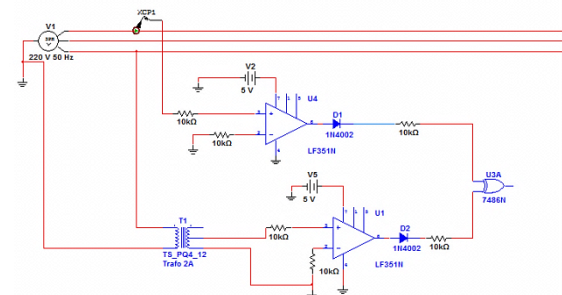
Gambar 3. 3 Optoisolator

3.3.4 Kapasitor

Kapasitor merupakan komponen elektrik yang berfungsi sebagai penyimpan muatan listrik. Namun dalam rangkaian daya, kapasitor memiliki fungsi lainnya yaitu sebagai kompensator daya reaktif induktif. Hal ini dikarenakan kapasitor bersifat kapasitif sehingga menghasilkan daya reaktif kapasitif sehingga dapat mengkompensasi atau mengurangi daya reaktif induktif.

3.3.5 Rangkaian Detektor Fasa

Detektor fasa merupakan rangkaian yang terdiri dari rangkaian sensor arus dan rangkaian sensor tegangan. Perbedaan fasa dapat terdeteksi dengan mencari selisih gelombang fasa arus dengan gelombang fasa tegangan.



Gambar 3. 4 Single line Detektor Fasa

3.3.6 LCD

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan salah satu bentuk tampilan display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya pada bagian front-lit dan memiliki background cahaya sehingga perpaduan antara fron-lit dan back-lit membentuk sebuah karakter.

3.3.7 Panel

Panel Merupakan tempat kumpulan komponen – komponen control. Selain sebagai tempat penyimpanan komponen control, panel juga berfungsi sebagai pelindung komponen control dari pengaruh eksternal.

4. ANALISIS DAN HASIL

4.1 Pengukuran Awal

Pengukuran awal bertujuan untuk mengetahui besaran – besaran parameter yang terdapat dalam sistem. Adapun besaran yang diukur adalah tegangan, arus, dan daya aktif.

4.2 Perhitungan Kapasitor

Dalam merancang desain kapasitor yang akan dipasang dalam sistem tenaga listrik, diperlukan data daya aktif dan faktor daya. Selanjutnya dilakukan analisa untuk menemukan kompensasi daya oleh kapasitor sehingga didapat faktor daya yang diharapkan pada sistem.

Kondisi Beban Maksimum Seimbang :

$$P = 180 \text{ W}$$

$$V_{pp} = 380 \text{ V}$$

$$I = 0,9 \text{ A}$$

Analisa $\cos \phi$:

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{3} \cdot V_{pp} \cdot I \\ &= \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9 \\ &= 592,36 \text{ VA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \phi &= \frac{P}{S} \\ &= \frac{180}{592,36} = 0,3 \end{aligned}$$

Analisa Q_c :

$$\cos \phi 1 = 0,3$$

$$\cos \phi 2 \text{ (harapan)} = 0,91$$

$$P = 30 \text{ W}$$

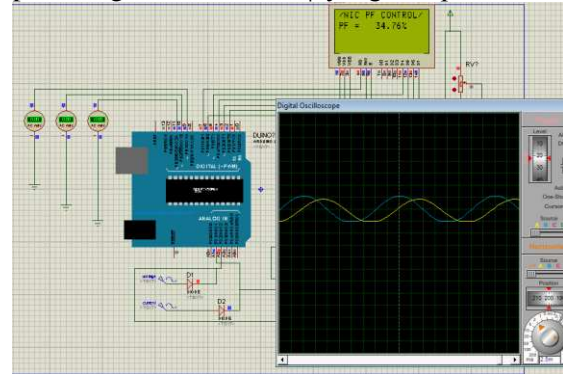
$$\begin{aligned} Q_c &= P (\tan \phi 1 - \tan \phi 2) \\ &= 180 \text{ W} (\tan (\cos^{-1} 0,3) - \tan (\cos^{-1} 0,91)) \\ &= 180 \text{ W} (\tan 72,54 - \tan 24,49) \\ &= 180 \text{ W} (3,18 - 0,45) \\ &= 491,4 \text{ VAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{Q_c}{V^2 \cdot 2\pi f \cdot 3} \\ &= \frac{491,4}{(380)^2 \cdot 2\pi \cdot 50,3} = 3,61 \mu\text{F} \end{aligned}$$

4.3 Simulasi ISIS Proteus 7

Pada simulasi ISIS input berasal generator gelombang sinus. Gelombang yang dibuat dapat diatur besar tegangan, amplitude, frekuensi dan delay. Gelombang tersebut mempresentasikan input gelombang tegangan dan arus.

Pada simulasi ini didapat besar $\cos \phi$ sebesar 0,34. Jika dibandingkan dengan nilai perhitungan analisa $\cos \phi$ yang didapat 0,3.



$$\text{Error} = \frac{0,34 - 0,3}{0,3} = 0,13$$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dalam simulasi menggunakan ISIS Proteus 7 didapat $\cos \phi$ pada beban maksimum tiga fasa seimbang sebesar 0,34 dengan Error sebesar 0,13.

5.2 Saran

Dalam proses pembacaan pulsa phi pada detektor fasa sebaiknya dilakukan secara terpisah dengan program pada LCD. Karena program LCD dapat mengganggu pencuplikan data yang menyebabkan kesalahan pembacaan pulsa phi.

DAFTAR PUSTAKA

- Tiwari, Anant Kumar, *Automatic Power Factor Correction Using Capacitive Bank*. Bilaspur (2014)
- Ali, Murad, *Design and Implementation of Microcontroller-Based Controlling of Power Factor Using Capacitor Banks with Load Monitoring*. 2013.
- Arif, Yahya Chusna, *Design of Power Factor Corection (PFC) with Metering and*

- Capacitor Bank Control for Dynamic Load.* Surabaya (2011)
- Sudiharto, Indhana, *Efisiensi Pemakaian Listrik Rumah Tangga dengan Power Factor Correction Menggunakan Static VAR Compensator.* Salatiga(2014)
- Saputra, Ade Chandra. *Rancang Bangun Perbaikan Faktor Daya Otomatis Berbasis Smart Relay Pada Jaringan Tegangan Rendah Tiga Fasa.* Pekanbaru(2014)
- Arif, Yahya Chusna, *Perbaikan Faktor Daya Untuk Beban Rumah Secara Otomatis.* Surabaya(2011)
- Prasetya, Dana Bagus Fitrianto, *Implementasi Mikrokontroller Sebagai Pengendali Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya Otomatis Pada Jaringan Listrik.* (2010)